

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Air Baku

Air baku merupakan salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum yang diambil dari sumber-sumber yang memenuhi standar baku mutu. Air baku untuk air minum yang selanjutnya disebut dengan air baku merupakan air yang berasal dari sumber air permukaan, cekungan air tanah dan atau air hujan yang memenuhi ketentuan baku mutu tertentu sebagai air baku untuk air minum dalam SNI 6674: 2008. Air baku memiliki peranan penting dalam industri air minum karena menjadi salah satu bahan dasar dalam proses pengolahan air minum. Air baku menjadi awal dari proses penyediaan dan pengolahan air minum. Air baku yang akan digunakan untuk proses pengolahan harus diperhatikan pula klasifikasi kelas badan air yang akan digunakan. Karena klasifikasi kelas yang berbeda juga mempengaruhi proses pengolahannya. Sumber air baku harus tersedia dalam jumlah besar supaya dapat memenuhi kebutuhan air minum daerah perencanaan (SNI, 2008).

2.1.1 Sumber Air Baku

Sumber air baku yang akan digunakan sebagai air minum adalah air permukaan (air sungai). Air permukaan merupakan air yang berada di permukaan, contohnya sungai, rawa, danau dan mata air. Sebagai sumber air baku untuk air minum, maka air permukaan harus memenuhi kualitas oksigen yang terlarut, pH yang sesuai, kandungan zat padat, kandungan bakteri, kehadiran zat beracun, temperatur dan parameter lainnya. Air permukaan yang banyak digunakan untuk sumber air baku pengolahan air minum adalah air sungai dan air danau (Astono, 2011).

Sedangkan menurut Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia (2018), Sumber air adalah wadah badan air. Sumber air dapat berupa mata air, sumur dalam, air permukaan, dan air hujan.

a. Mata Air

Mata air merupakan tempat air tanah muncul di permukaan tanah. Kapasitas sumber mata air biasanya lebih besar sedangkan kualitasnya pada umumnya lebih baik ketimbang sumur dalam. Kapasitas mata air kadang lebih besar karena outlet air tanahnya dapat lebih luas ketimbang sumur dangkal. Kualitas mata air pada umumnya bagus karena daerah imbuhan masih terjaga dari ancaman pencemaran. Pada awal munculnya sistem penyediaan air minum perkotaan, mata air merupakan sumber air baku utamanya. Hal itu terjadi karena penduduk masih sedikit kebutuhan air minum masih rendah dan ketersediaan sumber air masih banyak. Mata air pada umumnya berada pada elevasi yang lebih tinggi ketimbang daerah layanannya sehingga penyampaian air secara gravitasi masih memungkinkan.

b. Sumur Dalam

Sumur dalam merupakan sumber air buatan manusia yang berupa lubang konsentris dari permukaan tanah sampai ke kedalaman tertentu. Lubang tersebut biasanya menembus lapisan tanah yang relatif kedap air sehingga dapat mencapai ke kedalaman 100m. Sumur dalam yang ideal dapat menampung air tanah dari lapisan kepasiran yang bertransmisivitas tinggi. Lapisan kepasiran tersebut diapit oleh lapisan lempung yang mempunyai storivitas tinggi. Kapasitas sumur dalam dalam memberikan pasokan air tidaklah besar. Debit sumur dalam sebesar 20 l/s sudah dianggap besar. Produktivitas sumur dalam biasanya semakin menurun sesuai dengan berjalannya waktu. Ini terjadi manakala kapasitas simpan (storivitas) lapisan lempung yang mendukungnya semakin mengecil. Pada umumnya, kualitas air baku yang dihasilkan juga cukup bagus dan dapat diteruskan menjadi air minum dengan menambah proses klorinasi. Namun demikian pada beberapa kejadian beberapa bahan ikutan (impurities) memerlukan pengolahan lanjut, seperti besi, H_2S , kapur, dsb. Pembuangan besi (Fe^{2+}) dilakukan dengan proses aerasi dilanjutkan dengan proses sedimentasi dan filtrasi. H_2S dibuang dengan cara aerasi. Sedangkan kapur ($Ca(HCO_3)_2$) dibuang dengan prosed softening. Air yang mengandung nitrat (NO_3^{-1}) dengan kadar lebih 10 mg/L tak dapat dipakai sebagai air baku.

c. Air Permukaan (Sungai, Waduk dan Danau)

Sungai, Danau, dan Waduk adalah sumber air baku yang cukup andal karena kapasitasnya yang besar dan kontinuitasnya yang terjaga. Sebagian besar sumber air baku untuk air minum di Indonesia saat ini berasal dari air permukaan itu. Hampir semua sungai besar, danau, dan waduk di Pulau Jawa Telah dimanfaatkan untuk sumber air baku untuk air minum.

d. Air Hujan

Air hujan sebenarnya bukan merupakan sumber air baku. Air hujan menjadi sumber air baku manakala telah tertampung ke dalam suatu wadah air seperti sungai, danau, dan waduk. Dibutuhkan suatu rekayasa untuk menjadikan air hujan menjadi air baku air minum. Waduk (bendungan), dan embung merupakan hasil rekayasa air baku yang diselenggarakan oleh negara atau perusahaan. Sedangkan penampungan air hujan (PAH) adalah wujud rekayasa air baku secara individual.

2.1.2 Pemilihan Sumber Air Baku

Menurut Droste (1997), dalam memilih sumber air baku harus perhatikan hal-hal sebagai berikut:

1. Kualitas air baku.
2. Volume (kuantitas) air baku.
3. Kondisi iklim di daerah sumber air baku.
4. Lokasi sumber air baku harus tetap, tidak mengalami kemungkinan pindah atau tertutup.
5. Kontruksi intake yang memenuhi syarat dan kesulitan yang kecil.
6. Kemungkinan perluasan intake di masa yang akan datang.
7. Elevasi muka air sumber mencukupi.
8. Kemungkinan timbulnya pencemar di masa yang akan datang.
9. Fasilitas dan biaya operasi dan perawatan yang tersedia mencukupi.

Pendekatan yang paling efektif untuk menentukan apakah suatu sumber air memenuhi persyaratan sebagai sumber air baku air minum adalah memilih sumber dengan kualitas yang baik. Kualitas dari sumber air baku haruslah diperhatikan karena berpotensi mengandung berbagai macam polutan.

2.1.3 Persyaratan dalam Penyediaan Air Baku

Dalam penyediaan air baku, tentu terdapat beberapa persyaratan yang harus terpenuhi dalam air baku tersebut sebagai berikut (Agustina, 2007) :

1. Persyaratan Kualitas

Persyaratan kualitas menggambarkan mutu dari air baku air bersih.

Persyaratan tersebut terdiri dari sebagai berikut :

- a. Dalam persyaratan fisik, air bersih harus jernih, tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, dan memiliki suhu sama dengan suhu udara atau kurang lebih $\pm 25^{\circ}\text{C}$.
- b. Dalam persyaratan kimia, air bersih tidak boleh mengandung bahan-bahan kimia dalam jumlah yang melampaui batas. Beberapa persyaratan antara lain adalah pH, total solid, zat organik, CO_2 agresif, kesadahan, kalsium (Ca), besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), chlorida (Cl), nitrit, flourida (F), dan logam berat.
- c. Dalam persyaratan biologis, air bersih tidak boleh mengandung kuman pathogen dan parasitik yang mengganggu kesehatan. Persyaratan biologi ditandai dengan tidak adanya bakteri *E. coli* dalam air.
- d. Dalam persyaratan radioaktif, air bersih tidak boleh mengandung zat yang menghasilkan bahan-bahan radioaktif, misalnya sinar alfa, beta, dan gamma.

2. Persyaratan Kuantitas

Persyaratan kuantitas dalam penyediaan air bersih adalah ditinjau dari banyaknya air baku yang tersedia. Artinya air baku tersebut dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan sesuai dengan kebutuhan daerah dan jumlah penduduk yang akan dilayani. Persyaratan kuantitas juga dapat ditinjau dari standar debit air bersih yang dialirkan ke konsumen sesuai dengan jumlah kebutuhan air bersih. Kebutuhan air bersih masyarakat bervariasi, tergantung pada letak geografis, kebudayaan, tingkat ekonomi, dan skala perkotaan tempat tinggalnya.

3. Persyaratan Kontinuitas

Air baku untuk air bersih harus dapat diambil terus menerus dengan fluktuasi debit yang relatif tetap baik pada saat musim kemarau maupun musim hujan. Kontinuitas juga dapat diartikan bahwa air bersih harus tersedia 24 jam per-hari atau setiap saat diperlukan, kebutuhan air tersedia. Akan tetapi, kondisi ideal tersebut hampir tidak dapat dipenuhi pada setiap wilayah di Indonesia sehingga untuk menentukan tingkat kontinuitas pemakaian air dapat dilakukan dengan cara pendekatan aktifitas konsumen terhadap prioritas pemakaian air.

Prioritas pemakaian air yaitu minimal selama 12 jam perhari, yaitu pada jam-jam aktivitas kehidupan sekitar pukul 06.00–18.00. Sebagian besar konsumen memerlukan air untuk kehidupan dan pekerjaannya dalam jumlah yang tidak ditentukan. Oleh karena itu, diperlukan reservoir pelayanan dan fasilitas energi yang siap setiap saat. Sistem jaringan perpipaan didesain untuk membawa suatu kecepatan aliran tertentu. Kecepatan dalam pipa tidak boleh melebihi 0,6–1,2 m/s. Ukuran pipa harus tidak melebihi dimensi yang diperlukan dan tekanan dalam sistem harus tercukupi. Dengan analisis jaringan pipa distribusi, dapat ditentukan dimensi atau ukuran pipa yang diperlukan sesuai dengan tekanan minimum yang diperbolehkan agar kuantitas aliran terpenuhi.

2.1.4 Karakteristik Air Baku

Air baku yang digunakan sebagai bahan baku dalam pengolahan air minum memiliki beberapa karakteristik yaitu sebagai berikut :

1. TDS (Total Dissolved Solid) TDS adalah jumlah material yang terlarut di dalam air. Material ini dapat berupa karbonat, bikarbonat, klorida, sulfat, fosfat, nitrat, kalsium, magnesium, natrium, ion-ion organik, senyawa koloid dan lain-lain. TDS dapat digunakan untuk memperkirakan kualitas air minum, karena mewakili jumlah ion di dalam air. Kandungan mineral dalam air tidak akan berpengaruh terhadap kesehatan selama air masih dikategorikan tawar (WHO, 2003).

2. TSS (Total Suspended Solid)

Materi yang tersuspensi adalah materi yang mempunyai ukuran lebih kecil dari pada molekul atau ion yang terlarut. Materi tersuspensi ini dapat digolongkan menjadi dua, yakni zat padat dan koloid. Zat padat tersuspensi dapat mengendap apabila keadaan air cukup tenang, ataupun mengapung apabila sangat ringan; materi ini pun dapat disaring. Koloid sebaliknya sulit mengendap dan tidak dapat disaring dengan (filter) air biasa. Semakin tinggi kandungan bahan tersuspensi tersebut, maka air semakin keruh (Effendi, 2003).

Materi tersuspensi mempunyai efek yang kurang baik terhadap kualitas air karena menyebabkan kekeruhan dan mengurangi cahaya yang dapat masuk ke dalam air. Oleh karenanya, manfaat air dapat berkurang, dan organisme yang butuh cahaya akan mati. Setiap kematian organisme akan menyebabkan terganggunya ekosistem akuatik. Apabila jumlah materi tersuspensi ini banyak dan kemudian mengendap, maka pembentukan lumpur dapat sangat mengganggu dalam saluran, pendangkalan cepat terjadi, sehingga diperlukan pengerukan lumpur yang lebih sering. Apabila zat-zat ini sampai di muara sungai dari bereaksi dengan air yang asri, maka baik koloid maupun zat terlarut dapat mengendap di muara dan proses inilah yang menyebabkan terbentuknya delta-delta. Dapat dimengerti, bahwa pengaruhnya terhadap kesehatan pun menjadi tidak langsung (Soemirat, 2004).

3. BOD (Biological Oxygen Demand)

BOD adalah suatu karakteristik yang menunjukkan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme (biasanya bakteri) untuk mengurai atau mendekomposisi bahan organik dalam kondisi aerobik (Umayy dan Cuvin, 1988). Parameter BOD, secara umum banyak dipakai untuk menentukan tingkat pencemaran air buangan. Penentuan BOD sangat penting untuk menelusuri aliran pencemaran dari tingkat hulu ke muara. Penguraian bahan organik secara biologis di alam, melibatkan bermacam-macam organisme dan menyangkut reaksi oksidasi dengan hasil akhir karbon dioksida (CO_2) dan air (H_2O). Pemeriksaan BOD tersebut dianggap sebagai suatu prosedur oksidasi

dimana organisme hidup bertindak sebagai medium untuk menguraikan bahan organik menjadi CO_2 dan H_2O . Reaksi oksidasi selama pemeriksaan BOD merupakan hasil dari aktifitas biologis dengan kecepatan reaksi yang berlangsung sangat dipengaruhi oleh jumlah populasi dan suhu. Karenanya selama pemeriksaan BOD, suhu harus diusahakan konstan pada 20°C yang merupakan suhu yang umum di alam. Secara teoritis, waktu yang diperlukan untuk proses oksidasi yang sempurna sehingga bahan organik terurai menjadi CO_2 dan H_2O adalah tidak terbatas. Dalam prakteknya di laboratorium, biasanya berlangsung selama 5 hari dengan anggapan bahwa selama waktu itu persentase reaksi cukup besar dari total BOD (Sawyer dan Mc Carty, 1978).

4. Amonia

Amoniak (NH_3) merupakan senyawa nitrogen yang menjadi NH_4^+ pada pH rendah yang disebut dengan amonium. Amonia dalam air permukaan berasal dari air seni, tinja, serta penguraian zat organik secara mikrobiologis yang berasal dari air alam atau air buangan industri maupun limbah domestik. Adanya amonia tergantung pada beberapa faktor yaitu sumber asalnya amonia, tanaman air yang menyerap amonia sebagai nutrisi, konsentrasi oksigen, dan temperatur. Senyawa amonia dapat ditemukan di mana-mana seperti pada air permukaan, air tanah, dan air buangan. Kadar amonia yang tinggi pada air sungai menunjukkan adanya pencemaran. Amonia dapat menyebabkan kondisi toksik bagi kehidupan perairan. Konsentrasi tersebut tergantung dari pH dan temperatur yang mempengaruhi air. Kadar amonia bebas dalam air meningkat sejalan dengan meningkatnya pH dan temperatur. Senyawa amonia dapat mengurangi efektivitas klorin yang biasanya digunakan sebagai tahap akhir dalam pengolahan air untuk menghilangkan bahan organik yang tersisa serta untuk proses desinfeksi (Said dan Sya'bani, 2018).

2.1.5 Standar Kualitas Air Minum

Standar kualitas air minum di Indonesia diatur pada Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 492/MENKES/PER/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Dimana air yang tersalur harus memiliki mutu baik, bersih atau jernih dan dapat dinilai dari penglihatan bahwa air seharusnya bersih tanpa berbau, berwarna dan keruh dan layak untuk didistribusikan kepada pelanggan. Kualitas mutu air minum dapat diklasifikasikan menjadi 4 (empat) kelas, yaitu:

- a. Kelas satu, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk air baku air minum, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- b. Kelas dua, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- c. Kelas tiga, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi pertanaman, dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut.
- d. Kelas empat, air yang peruntukannya dapat digunakan untuk mengairi pertanaman dan atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (Kemenkes, 2010).

2.2 Bangunan Pengolahan Air Minum

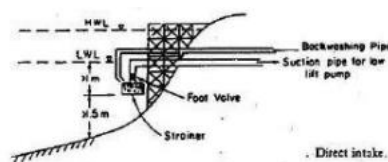
2.2.1 Intake dan Screen

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 18/PRT/M/2007 tentang Penyelenggaraan Pengembangan Sistem Penyediaan Air Minum, intake adalah bangunan penangkap air atau tempat air masuk sungai, danau, situ, atau sumber air lainnya. Kapasitas bangunan intake yang digunakan harus disesuaikan dengan kebutuhan air harian maksimum. Persyaratan lokasi penempatan bangunan pengambilan (intake):

1. Penempatan bangunan penyadap (intake) harus aman terhadap polusi yang disebabkan pengaruh luar (pencemaran oleh manusia dan makhluk hidup lain)
2. Penempatan bangunan pengambilan pada lokasi yang memudahkan dalam pelaksanaan dan aman terhadap daya dukung alam (terhadap longsor dan lain lain)
3. Konstruksi bangunan pengambilan harus aman terhadap banjir air sungai, terhadap gaya guling, gaya geser, rembesan, gempa dan gaya angkat air (uplift)
4. Penempatan bangunan pengambilan diusahakan dapat menggunakan sistem gravitasi dalam pengoperasiannya
5. Dimensi bangunan pengambilan harus mempertimbangkan kebutuhan maksimum harian
6. Dimensi inlet dan outlet dan letaknya harus memperhitungkan fluktuasi ketinggian muka air
7. Pemilihan lokasi bangunan pengambilan harus memperhatikan karakteristik ksumber air baku
8. Konstruksi bangunan pengambilan direncanakan dengan umur pakai (lifetime minimal 25 tahun)
9. Bahan/material konstruksi yang digunakan diusahakan menggunakan material lokal atau disesuaikan dengan kondisi daerah sekitar. (KPUPR, 2007).

Menurut Kawamura (2000), bangunan intake memiliki tipe yang bermacam macam, antara lain:

1. Bangunan Penyadap Langsung (Direct Intake) Digunakan untuk sumber air yang dalam seperti sungai atau danau dengan kedalaman yang cukup tinggi. Intake jenis ini memungkinkan terjadinya erosi pada dinding dan pengendapan di bagian dasarnya.



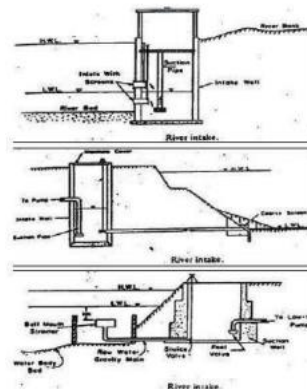
Gambar 2.1 Direct Intake

(Sumber: Kawamura,1991)

2. Bangunan Penyadap Tidak Langsung (Indirect Intake)

a. River Intake

Menggunakan pipa penyadap dalam bentuk sumur pengumpul. Jenis ini dinilai lebih ekonomis untuk sumber air dari sungai yang memiliki perbedaan ketinggian muka air di musim yang berbeda.

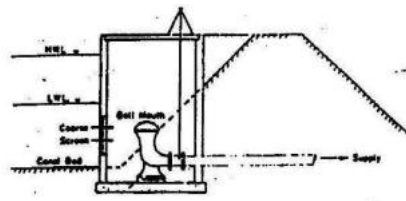


Gambar 2.2 River Intake

(Sumber: Kawamura,1991)

b. Canal Intake

Untuk air dari kanal. Dinding chamber terbuka sebagian ke arah kanal dan dilengkapi dengan pipa pengolahan selanjutnya.



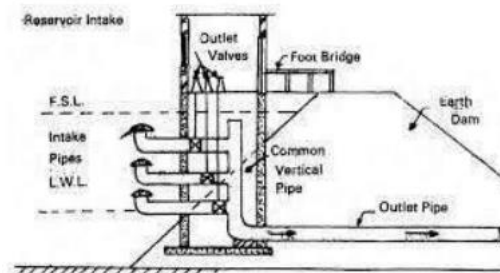
Gambar 2.3 Canal Intake

(Sumber: Kawamura,1991)

c. Reservoir Intake

Untuk air yang berasal dari dam/bendungan/waduk, dengan menggunakan Menara intake yang dibuat terpisah dengan dan/atau

bendungan/waduk dan diletakkan pada bagian hulu. Inlet diletakkan pada beberapa titik Menara untuk mengatasi perubahan ketinggian permukaan air.

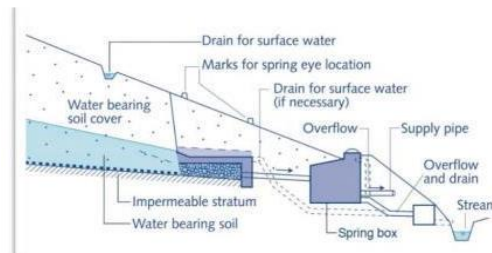


Gambar 2.4 Reservoir Intake

(Sumber: Kawamura,1991)

d. Spring Intake

Spring intake ini digunakan untuk air baku dari mata air atau air tanah.

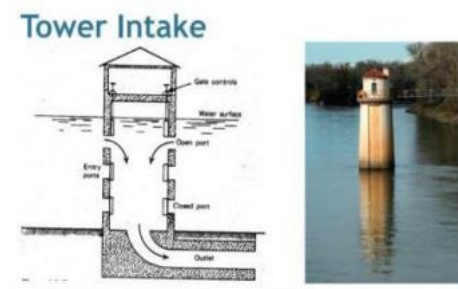


Gambar 2.5 Spring Intake

(Sumber : SSWM (Suitable sanitation and water management))

e. Intake Tower

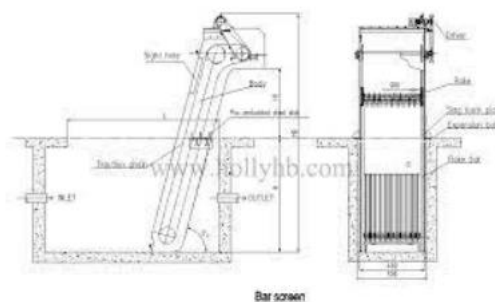
Intake tower ini digunakan untuk air permukaan dimana kedalaman air berada diatas level tertentu.



Gambar 2.6 Intake Tower

(Sumber : Collection and Distribution of water by Zerihun Alemayehu)

Unit screen sendiri bertujuan untuk menghilangkan sampah padat seperti kertas, plastik, atau kain yang dapat merusak dan menyumbat aliran air, pipa dan pompa. Pemilihan coarse screen dirasa sangat tepat karena dapat menghilangkan benda-benda berukuran besar dan mempunyai ukuran celah 6–150 mm mengingat berbagai ukuran sampah yang umumnya terdapat di sungai. Selanjutnya pada screening atau biasa disebut dengan bar screen digunakan dalam pengolahan air baik air bersih maupun air limbah untuk menghilangkan padatan kasar berupa potongan-potongan kayu, bahan-bahan dari plastik, kain, dan lain sebagainya yang berukuran $>0,5 - 1\text{ cm}$ sehingga tidak mengganggu proses pengolahan pada bangunan pengolahan air buangan selanjutnya. Padatan yang disaring kemudian dibuang ke wadah yang terletak di belakang screen untuk disimpan, dikeringkan, dan diakumulasi/dipadatkan sebelum akhirnya dibuang. Peran utama screening adalah untuk menghilangkan bahan-bahan kasar dari aliran air yang mampu: (1) merusak peralatan unit pengolahan berikutnya; (2) mengurangi kinerja dan efektivitas unit dan proses pengolahan secara keseluruhan; dan (3) mencemari saluran air (Metcalf & Eddy, 2003)



Gambar 2.7 Unit Bar Screen Mekanik

(Sumber : <https://bit.ly/3ejESou>)

Umumnya unit bar screen dibuat dari batangan besi/baja dengan lapisan anti karat yang dipasang pada kerangka yang melintang di saluran air dengan posisi miring ke arah masuknya air (inlet) dengan kemiringan $30^\circ - 45^\circ$ dari horizontal (Metcalf & Eddy, 2003). Tebal batang biasanya 5-15mm dengan jarak antar batang

25 – 50 mm yang diatur sedemikian rupa sehingga lolos untuk parameter/limbah yang diinginkan. Bar screen dirancang dan dihitung menggunakan debit pada aliran puncak (Qasim etc., 2000).

Tabel 2.1 Kriteria Perencanaan Saringan Kasar

Parameter	U.S Customary Units		Satuan Internasional	
	Metode Pembersihan		Metode Pembersihan	
	Manual	Mekanik	Manual	Mekanik
Ukuran Batang				
Lebar	0,2 – 0,6	0,2 – 0,6	5 – 15	5 – 15
Kedalaman	1,0 – 1,5	1,0 – 1,5	23 – 38	25 – 38
Jarak Antar Batang	1,0 – 2,0	0,6 – 0,3	25 – 50	15 – 75
Parameter Lain				
Kemiringan terhadap vertikal (derajat)	30 – 45	0 – 30	30 – 45	0 – 30
Kecepatan	1,0-2,0 ft/s	2,0-3,25 ft/s	0,3-0,6 m/s	0,6-1,0 m/s
Headloss	6 in	5-24 in	150 mm	50-600 mm

(Sumber : Metcalf and Eddy WWET, and Reuse 4th edition, 2004 Halaman 315-316)

2.2.2 Sumur Pengumpul

Sumur pengumpul merupakan sumur yang digunakan untuk menampung air limbah yang berasal dari saluran pembawa atau intake. Sumur pengumpul juga disebut sebuah unit penyeimbang sehingga debit dan kualitas limbah yang masuk ke instalasi dalam keadaan konstan. Cara kerja dari unit pengolahan ini adalah, air limbah yang sudah dialirkan melalui intake, maka selanjutnya air limbah dialirkan menuju sumur pengumpul agar debitnya konstan.

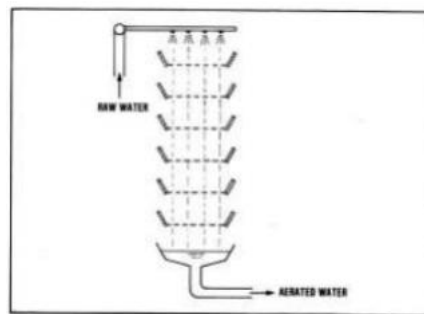
2.2.3 Aerasi

Aerasi adalah suatu proses penambahan udara atau oksigen dalam air dengan membawa air dan udara ke dalam kontak yang dekat, dengan cara menyemprotkan air ke udara (air ke dalam udara) atau dengan memberikan gelembung-gelembung halus udara dan membiarkannya naik melalui air (udara ke

dalam air) (KKP, 2020). Proses aerasi bertujuan untuk menambah jumlah oksigen dalam air, menurunkan jumlah karbon dioksida, dan menghilangkan hidrogen sulfide (H_2S), metan (CH_4) dan berbagai senyawa organik yang bersifat volatile (menguap) yang berkaitan untuk rasa dan bau (Prasetiyo dan Fidiastuti, 2015). Ada beberapa jenis metode aerasi yaitu sebagai berikut (Kawamura, 2000) :

a. Waterfall Aerator (Aerator Air Terjun)

Pengolahan air aerasi dengan metode Waterfall atau Multiple susunannya sangat sederhana dan tidak mahal serta memerlukan ruang yang kecil. Jenis aerator ini terdiri atas 4-8 tray dengan dasarnya penuh lobanglobang pada jarak 30-50 cm. Melalui pipa berlobang air dibagi rata melalui atas tray, dari sini percikan-percikan kecil turun ke bawah dengan kecepatan kira-kira 0,02 m /detik per m^2 permukaan tray. Tetesan yang kecil menyebar dan dikumpulkan kembali pada setiap tray berikutnya. Tray-tray ini bisa dibuat dengan bahan yang cocok seperti lempengan-lempengan absetos cement berlobang-lobang, pipa plastik yang berdiameter kecil atau lempengan yang terbuat dari kayu secara paralel.



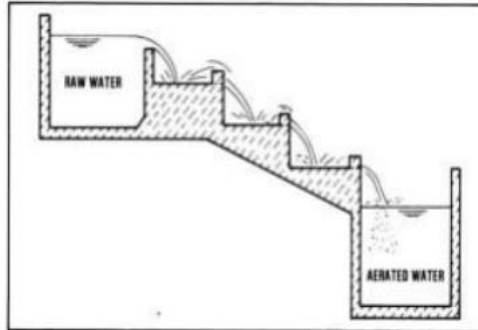
Gambar 2.8 Waterfall Aerator

(Sumber : Kawamura, 2000)

b. Cascade Aerator

Aerator ini terdiri atas 4-6 step atau tangga, setiap step kira-kira ketinggiannya 30 cm dengan kapasitas kira-kira ketebalan 0,01 m^3 /det per meter persegi. Untuk menghilangkan gerak putaran (turbulence) guna menaikkan efisiensi aerasi, hambatan sering di tepi peralatan pada setiap step. Dibanding dengan tray aerators, ruang (tempat) yang diperlukan bagi cascade aerators agak lebih

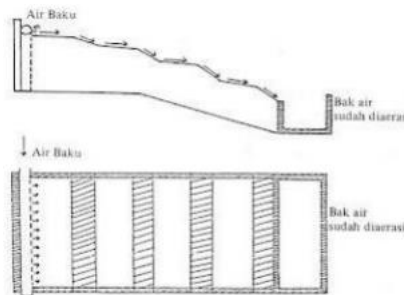
besar tetapi total kehilangan tekanan lebih rendah. Keuntungan lain adalah tidak diperlukan pemeliharaan.



Gambar 2.9 Cascade Aerator
(Sumber : Kawamura, 2000)

c. Submerged Cascade Aerator

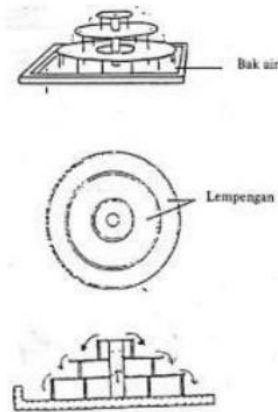
Aerasi tangga aerator seperti pada gambar di bawah ini penangkapan udaranya terjadi pada saat air terjun dari lempengan-lempengan trap yang membawanya. Oksigen kemudian dipindahkan dari gelembung-gelembung udara kedalam air. Total ketinggian jatuh kira-kira 1,5 m dibagi dalam 3-5 step. Kapasitas bervariasi antara 0,005 dan 05 m³/det per meter luas.



Gambar 2.10 Submerged Cascade Aerator
(Sumber : Kawamura, 2000)

d. Multiple Plat Form Aerator

Memakai prinsip yang sama, lempengan-lempengan untuk menjatuhkan air guna mendapatkan kontak secara penuh udara terhadap air.

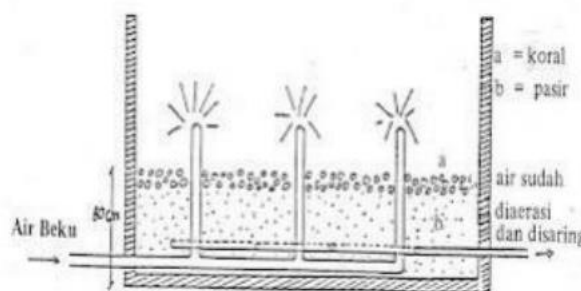


Gambar 2.11 Multiple Plat Form Aerator

(Sumber : Kawamura, 2000)

e. Spray Aerator

Terdiri atas nosel penyemprot yang tidak bergerak (Stationary nozzles) dihubungkan dengan kisi lempengan yang mana air disemprotkan ke udara di sekeliling pada kecepatan 5-7 m /detik. Spray Aerator sederhana diperlihatkan pada gambar, dengan pengeluaran air ke arah bawah melalui batang-batang pendek dari pipa yang panjangnya 25 cm dan diameter 15-20 mm. piringan melingkar ditempatkan beberapa sentimeter di bawah setiap ujung pipa, sehingga bisa berbentuk selaput air tipis melingkar yang selanjutnya menyebar menjadi tetesantetesan yang halus. Nozzle untuk spray aerator bentuknya bermacam macam, ada juga nosel yang dapat berputar-putar.

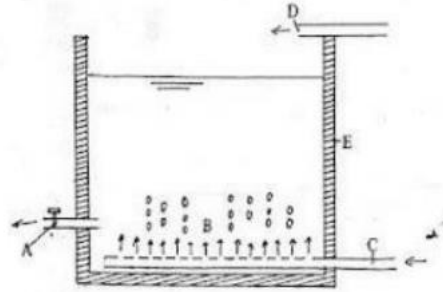


Gambar 2.12 Spray Aerator

f. Aerator Gelembung Udara (Bubble Aerator)

Jumlah udara yang diperlukan untuk aerasi bubble (aerasi gelembung udara) tidak banyak, tidak lebih dari 0,3 – 0,5 m³ udara/m³ air dan volume ini dengan

mudah bisa dinaikan melalui suatu penyedotan udara. Udara disemprotkan melalui dasar dari bak air yang akan di aerasi.

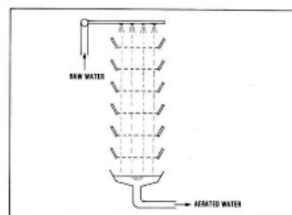


Gambar 2.13 Bubble Aerator

(Sumber : Kawamura, 2000)

g. Multiple-Tray Aerator

Multiple-Tray Aerator terdiri dari suatu rangkaian bak yang disusun seperti rak (tray) dan dilubangi pada bagian dasarnya. Air dialirkan dari puncak berupa air terjun kecil yang kemudian didistribusikan secara merata pada masing-masing rak (tray) dan kemudian dikumpulkan pada suatu bak di bagian dasarnya (collecting pons). Pemerataan distribusi air di atas tray sangat penting untuk memperoleh efisiensi perpindahan gas secara maksimum. Media kasar seperti arang, batu atau bola keramik yang ukurannya berkisar antara 2-6 inchi (5-15 cm) adalah sangat penting untuk digunakan, karena dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas, sebagai efek katalis dari mangan oksida Multiple-Tray Aerator harus dilengkapi dengan sistem ventilasi yang cukup. Jika unit ini ditempatkan dalam suatu bangunan dimana terdapat pencemaran udara, maka efektivitas dan efisiensi dari unit akan berkurang, karena terjadi kontaminasi dari udara yang masuk dengan kandungan atau unsur-unsur tertentu yang ingin dihilangkan.



Gambar 2.14 Multiple-Tray Aerator

(Sumber : <https://bit.ly/3SKTJY4>)

Tabel 2.2 Desain dan karakteristik Operasional Aerator

Aerator	Penyisihan	Spesifikasi
Cascade	20-45% CO ₂	• Tinggi 1 – 3 m • Luas : 85 – 105 m²/m².s • Kecepatan aliran : 0,3 m/s
Packing tower tray	>95% VOC >90% C ₂	• Diameter kolom maks : 3 m • Beban hidrolik : 2000 m³/m².hari • Kecepatan : 0,8 – 1,5 m/s • Kebutuhan udara : 7,5 kg O₂/jam • Jarak rak (tray) : 30-75 cm • Luas : 50 160 m²
Spray aerator	70-90% CO ₂ 25 – 40 H ₂ S	• Tinggi : 1,2 – 9 m • Diameter nozzle : 2,5 – 4 cm • Jarak nozzle : 0,6 – 36 m • Debit nozzle : 5 – 10 l/s
Aerator berdifusi	80% VOC	• Luas bak : 105 – 320 m² • Tekanan semprotan : 70 kPa

		• Waktu detensi : 10 – 30 menit • Udara : 0,7 – 1,1 kg O₂/jam • Kedalaman air tangki : 2,7 – 4,5 m • Lebar : 3 – 9 m • Volume maks : 150 m³ • Diameter lubang diffuser : 2 – 5 mm
Aerator mekanik	70 – 90 5 CO ₂ 25 – 40 2S	• Waktu detensi : 10 – 30 menit • Kedalaman tangki : 2 – 4 m

(Sumber: Qasim et al, 2000)

2.2.4 Koagulasi

Koagulasi didefinisikan sebagai proses destabilisasi muatan koloid padatan tersuspensi termasuk bakteri dan virus dengan suatu koagulan, sehingga terbentuk flok-flok halus yang dapat diendapkan. Koagulan atau flokulan dibubuhkan ke dalam air yang dikoagulasi yang bertujuan untuk memperbaiki pembentukan flok dan untuk mencapai sifat spesifik flok yang diinginkan. Koagulan adalah zat kimia yang menyebabkan destabilisasi muatan negatif partikel di dalam suspensi. Zat ini merupakan donor muatan positif yang digunakan untuk men-destabilisasi muatan negatif partikel (Pulungan, 2012).

Berikut ini jenis koagulan yang umum digunakan pada pengolahan air (Sugiharto, 2008):

Tabel 2.3 Jenis Koagulan

Nama	Formula	Bentuk	Reaksi dengan Air	pH optimum
Aluminium Sulfate	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{X}$ $\text{H}_2\text{O}_x =$ 14,16,18	Bongkah, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Sodium Aluminate	$\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$	Bubuk	Basa	6,0 – 7,8
Polyaluminium Chloride, PAC	$\text{Al}_n (\text{OH})_m \text{Cl}_3$	Cairan, bubuk	Asam	6,0 – 7,8
Ferric Sulfate	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	4 - 9
Ferri Klorida	$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Bongkah, cairan	Asam	4 – 9
Ferro Sulfate	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Kristal halus	Asam	>8,5

(Sumber : Sugiharto, 2008)

Penambahan dosis koagulan yang lebih tinggi tidak selalu menghasilkan kekeruhan yang lebih rendah. Dosis koagulan yang dibutuhkan untuk pengolahan air tidak dapat diperkirakan berdasarkan kekeruhan, tetapi harus ditentukan melalui percobaan pengolahan. Tidak setiap kekeruhan yang tinggi membutuhkan dosis koagulan yang tinggi. Jika kekeruhan dalam air lebih dominan disebabkan oleh lumpur halus atau lumpur kasar maka kebutuhan akan koagulan hanya sedikit, sedangkan kekeruhan air yang dominan disebabkan oleh koloid akan membutuhkan koagulan yang banyak. Terdapat beberapa faktor yang dapat mempengaruhi koagulan yaitu sebagai berikut (Patimah, 2009):

1. pengaruh pH

Pada koagulan terdapat range pH optimum. Luasnya range pH koagulan ini dipengaruhi oleh jenis-jenis konsentrasi koagulan yang dipakai. Hal ini penting

untuk menghindari adanya kelarutan koagulan. Proses koagulan pH yang terbaik adalah 6-9.

2. Pengaruh Temperatur

Pada temperatur yang rendah reaksi lebih lambat dan viskositas air menjadi lebih besar sehingga flok lebih sukar mengendap.

3. Dosis Koagulan

Air dengan kekeruhan yang tinggi memerlukan dosis koagulan yang lebih banyak. Dosis koagulan persatuan unit kekeruhan rendah, akan lebih kecil dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan yang tinggi, kemungkinan terjadinya tumbukan antara partikel akan berkurang dan netralisasi muatan tidak sempurna, sehingga mikroflok yang terbentuk hanya sedikit, akibatnya kekeruhan akan naik. Dosis koagulan yang berlebihan akan menimbulkan efek samping pada partikel sehingga kekeruhan akan meningkat.

4. Pengadukan (mixing)

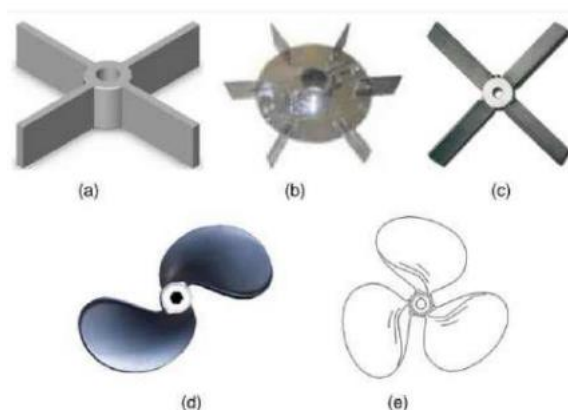
Pengadukan diperlukan agar tumbukan antara partikel untuk netralisasi menjadi sempurna. Distribusi dalam air cukup baik dan merata, serta masukan energi yang cukup untuk tumbukan antara partikel yang telah netral sehingga terbentuk mikroflok. Pada proses koagulasi ini pengadukan dilakukan dengan cepat. Air yang memiliki kekeruhan rendah memerlukan pengadukan yang lebih banyak dibandingkan dengan air yang mempunyai kekeruhan tinggi.

5. Pengaruh Garam

Garam dapat mempengaruhi proses penggumpalan. Pengaruh yang diberikan akan berbeda bergantung dengan macam garam (ion) dan konsentrasinya. Semakin besar valensi ion, semakin besar pengaruhnya terhadap koagulan. Penggumpalan dengan garam Fe dan Al akan banyak dipengaruhi oleh anion dibanding dengan kation. Jadi natrium, kalsium, dan magnesium relative tidak mempengaruhi.

Koagulasi atau pengadukan cepat dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu: pengadukan mekanis, hidrolis, dan pneumatis. Pada pengadukan mekanis, digunakan peralatan berupa motor bertenaga listrik, poros pengaduk (shaft), dan alat pengaduk (impeller). Berdasarkan bentuknya terdapat tiga macam alat

pengaduk, yaitu paddle (pedal), turbine, dan propeller (baling- baling). Bentuk ketiga impeller dapat dilihat pada **Gambar 2.15**. Kriteria impeller dapat dilihat pada **Tabel 2.4**. Faktor penting dalam perancangan alat pengaduk mekanis adalah dua parameter pengadukan yaitu G dan td. **Tabel 2.5** dapat dijadikan patokan untuk menentukan G dan td.



Gambar 2.15 Tipe Turbiner dan Propeller

(a) turbin blade lurus, (b) turbine blade dengan piringan, (c) turbin dengan blade menyerong, (d) propeller 2 blade, (e) propeller 3 blade

(Sumber : Qasim et al, 2000)

Tabel 2.4 Kriteeria Impeller

Tipe Impeller	Kecepatan Putaran	Dimensi	Keterangan
Paddle	10 -150 rpm	Diameter : 50 – 80% lebar bak Lebar : 1/6 – 1/10 diameter paddle	
Turbine	10 -150 rpm	Diameter : 30 – 50% lebar bak	
Propeller	400 – 1750 rpm	Diameter : maks. 45 cm	Jumlah pitch 1 – 2 buah

(Sumber: Reynolds, 1996. Page 185)

Tabel 2.5 Nilai Gradien Kecepatan dan Waktu Pengadukan Mekanis

Waktu Pengadukan , td (detik)	Gradien Kecepatan (detik ⁻¹)
20	1000
30	90
40	790
50 $\geq$	700

(Sumber: Reynolds, 1996. Page 184)

2.2.5 Flokulasi

Flokulasi adalah proses penggabungan inti flok sehingga menjadi flok yang berukuran lebih besar. Menurut Kristijarti (2013), flokulasi dibedakan menjadi:

1. Mikroflokulasi (flokulasi perikinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena gerakan termal acak dari molekul-molekul cairan yang disebut Brownian Motion.
2. Makroflokulasi (flokulasi ortokinetik) terjadi ketika partikel teragregasi karena adanya peningkatan gradien-gradien kecepatan dan pencampuran dalam media. Bentuk lain dari makroflokulasi disebabkan oleh pengendapan diferensial, yaitu ketika partikel-partikel besar menarik partikel-partikel kecil membentuk partikel-partikel yang lebih besar. Makroflokulasi belum efektif sampai partikel-partikel koloid mencapai ukuran 1-10 μm melalui kontak yang didorong oleh Brownian Motion dan sedikit pencampuran.

Pengadukan lambat (agitasi dan stirring) digunakan dalam proses flokulasi, untuk memberi kesempatan kepada partikel flok yang sudah terkoagulasi untuk bergabung membentuk flok yang ukurannya semakin membesar. Selain itu, untuk memudahkan flokulan untuk mengikat flok-flok kecil dan mencegah pecahnya flok yang sudah terbentuk. Pengadukan lambat dilakukan dengan gradien kecepatan kecil (20 sampai 100 detik⁻¹) selama 10 hingga 60 menit atau nilai GTd (bilangan Camp) berkisar 48000 hingga 210000. Gradien kecepatan diturunkan secara bertahap agar flok yang telah terbentuk tidak pecah dan berkesempatan bergabung dengan yang lain membentuk gumpalan yang lebih besar. Nilai G dan waktu detensi untuk proses flokulasi adalah:

1. Air sungai
 - Waktu detensi = minimum 20 menit
 - $G = 10-50$ detik -1
2. Air waduk
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-75$ detik-1
3. Air keruh
 - Waktu detensi dan G lebih rendah
4. Jika menggunakan garam besi sebagai koagulan
 - G tidak lebih dari 50 detik -1
5. Flokulator terdiri dari 3 kompartemen
 - G kompartemen 1: nilai terbesar
 - G kompartemen 2: 40% dari G kompartemen 1
 - G kompartemen 3: nilai terkecil
6. Penurunan kesadahan
 - Waktu detensi = 30 menit
 - $G = 10-50$ detik -1
7. Presipitasi kimia (penurunan fosfat, logam berat, dan lain-lain)
 - Waktu detensi = 15-30 menit
 - $G = 20-75$ detik-1
 - $GTd = 10.000-100.000$ (Masduqi & Assomadi, 2012:110)

2.2.6 Sedimentasi

Sedimentasi adalah pemisahan padatan dan cairan dengan menggunakan pengendapan secara gravitasi untuk memisahkan partikel tersuspensi yang terdapat dalam cairan tersebut. Proses ini sangat umum digunakan pada instalasi pengolahan air minum. Aplikasi utama dari sedimentasi pada instalasi pengolahan air minum adalah:

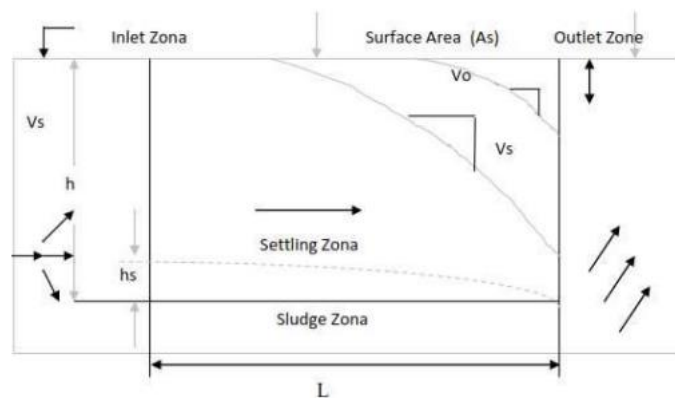
- a. Pengendapan awal dari air permukaan sebelum pengolahan oleh unit saringan pasir cepat.
- b. Pengendapan air yang telah melalui proses prasedimentasi sebelum memasuki unit saringan cepat.

- c. Pengendapan air yang telah melalui proses penyemprotan desinfektan pada instalasi yang menggunakan pipa dosing oleh alum, soda, NaCl, dan chlorine.
- d. Pengendapan air pada instalasi pemisahan besi dan mangan.

Pengendapan yang terjadi pada bak sedimentasi dibagi menjadi empat kelas. Pembagian ini didasarkan pada konsentrasi dari partikel dan kemampuan dari partikel tersebut untuk berinteraksi. Keempat kelas itu adalah:

1. Pengendapan Tipe I (Free Settling).
2. Pengendapan Tipe II (Flocculent Settling).
3. Pengendapan Tipe III (Zone/Hindered Settling).
4. Pengendapan Tipe IV (Compression Settling).

Adapun Zona tersebut dapat digambarkan seperti dibawah ini:



Gambar 2.16 Pembagian Zona Bak Sedimentasi

(Sumber : Al-Layla, 1978)

Dimana pada setiap zona terjadi proses sebagai berikut :

- Zona Inlet : Terjadi distribusi aliran yang menuju zona settling ($\pm 25\%$ panjang bak).
- Zona Settling : Terjadi proses pengendapan yang sesungguhnya
- Zona Sludge : Sebagai ruang lumpur, dimana konfigurasi dan ke dalamannya tergantung pada metode pengurusan dan jumlah endapan lumpur. Untuk partikel 75% mengendap pada $1/5$ volume bak.
- Zona Outlet : Pada zona ini dihasilkan air yang jernih tanpa suspensi yang ikut terbawa. Kecepatan pengendapan partikel tidak bisa ditentukan dengan persamaan Stoke's karena ukuran dan kecepatan

pengendapan tidak tetap. Besarnya partikel yang mengendap di uji dengan column setting test dengan multiple withdraw ports. Dengan menggunakan kolom pengendapan tersebut, sampling dilakukan pada setiap port pada interval waktu tertentu, dan data removal partikel diplot pada grafik.

2.2.7 Filtrasi

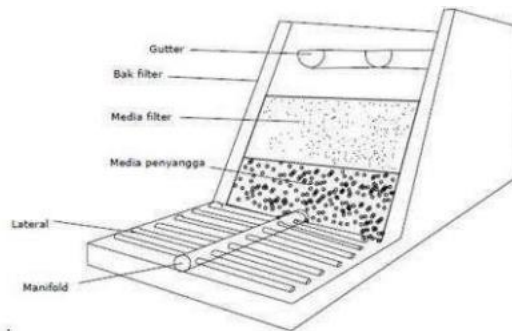
Menurut Al-Layla (1978), partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air tidak bisa mengendap secara sempurna hanya dengan menggunakan proses sedimentasi. Untuk lebih menyempurnakan proses penyisihan partikel tersuspensi dan partikel koloid di dalam air, dapat dilakukan dengan menggunakan proses filtrasi. Proses filtrasi sendiri adalah suatu proses di mana air dilewatkan pada pasir dan kombinasi kerikilkerikil untuk mendapatkan hasil air yang lebih baik.

Bakteri dan sejenisnya dapat dengan efektif dihilangkan dengan menggunakan proses filtrasi. Selain itu filtrasi juga dapat mengurangi warna, rasa, bau, kadar besi juga kadar mangan yang terdapat di dalam air. Proses pengurangan kadar-kadar tersebut tidak lepas dengan adanya proses fisika dan kimia yang terjadi di dalam proses filtrasi itu sendiri. Beberapa faktor yang berkontribusi di dalam proses removal filter adalah :

- Proses penyaringan yang terjadi di setiap lapisan permukaan filter
- Proses sedimentasi di dalam filter
- Kontak antara partikel flok dengan lapisan kerikil atau dengan flok yang sudah terkumpul di atas lapisan filter.
- Proses adsorpsi atau proses elektrokinetik.
- Proses koagulasi di dalam filter.
- Proses biologis di dalam filter
- Penggabungan zat-zat koloid di dalam filter.

Pada prosesnya, partikel tersuspensi yang ukuran nya terlalu besar akan tetap tertahan di atas lapisan pasir. Namun jika ukuran partikel terlalu kecil (contohnya: partikel koloid dan bakteri) akan lebih sulit untuk dihilangkan karena akan lebih mudah lolos pada lapisan pasir ini. Pada lapisan kerikil, jarak di antara lapisan kerikil berfungsi sebagai area sedimentasi partikel tersuspensi. Namun

dapat juga digunakan oleh partikel- partikel flokyang belum seratus persen terendapkan pada bak sedimentasi untuk mengendap pada lapisan kerikil ini. Pada **gambar 2.17** dapat dilihat bagian-bagian filter.



Gambar 2.17 Bagian – bagian filter

(Sumber : Reynold& Richards, 1996)

Terdapat beberapa macam jenis filter modifikasi yang telah digunakan di mancanegara, antara lain rapid sand filter, slow sand filter, pressure sand filter, multiple media filters, diatomateous earth filters, upflow filters dan lain sebagainya. Menurut Al-Layla pada tahun 1978, pada proses purifikasi air, rapid sand filters memiliki hasil effluent yang lebih baik jika dibandingkan dengan slow sand filters. Kecepatan pada rapid sand filters ini cukup tinggi dan laju filtrasi nya berkisar antara $4-5 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$ (namun terkadang laju filtrasi nya dapat lebih dari $6 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{hr}$). Ukuran pasir efektif yang digunakan pada filter ini berkisar antara 0,45-0,55 mm. Lapisan filter ini bila dilihat dari bawah terdiri dari gravel dengan tebal berkisar antara 38-60 cm, sedangkan di atasnya terdapat pasir yang tebalnya kurang lebih 80cm. Proses backwash pada rapid sand filter berbeda dengan slow sand filter. Pada rapid sand filters waktu backwash ditentukan dari headloss filter saat itu.

Keuntungan menggunakan rapid sand filters adalah area yang digunakan tidak begitu luas, pasir yang dibutuhkan lebih sedikit, kurang sensitif terhadap perubahan kualitas air baku, dan waktu yang dibutuhkan relatif lebih cepat jika dibandingkan dengan slow sand filters. Sedangkan kekurangan dari rapid sand filters adalah tidak dapat mengurangi kadar bakteri di dalam air, membutuhkan biaya yang mahal, membutuhkan keahlian khusus dan menghasilkan lumpur yang banyak.

Media filter dapat tersusun dari pasir silika alami, anthrasit, atau pasir garnet. Media ini umumnya memiliki variasi dalam ukuran, bentuk dan komposisi kimia. Pemilihan media filter yang digunakan dilakukan dengan analisis ayakan. Hasil ayakan suatu media filter digambarkan dalam kurva akumulasi distribusi untuk mencari ukuran efektif dan keseragaman media yang diinginkan. Effective Size (ES) atau ukuran efektif media filter adalah ukuran media filter bagian atas yang dianggap paling efektif dalam memisahkan kotoran yang besarnya 10% dari total kedalaman lapisan media filter atau 10% dari fraksi berat, ini sering dinyatakan sebagai P10 (persentil 10). P10 yang dapat dihitung dari ratio ukuran rata – rata dan standar deviasinya.

Uniformity Coefficient (UC) atau koefisien keragaman adalah angka keseragaman media filter yang dinyatakan dengan perbandingan antara ukuran diameter pada 60 % fraksi berat terhadap ukuran (size). Kriteria untuk keperluan rapid sand filter adalah sebagai berikut.

- Single Media

- UC = 1,3 – 1,7

- ES = 0,45 – 0,7 mm

- Dual Media

- UC = 1,4 – 1,9

- ES = 0,5 – 0,7 mm

1. Filter Pasir Cepat (Rapid Sand Filter)

Filter pasir cepat atau rapid sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi cepat, berkisar 6 hingga 11 m/jam. Filter ini selalu didahului dengan proses koagulasi-flokulasi dan pengendapan untuk memisahkan padatan tersuspensi. Jika kekeruhan pada influen filter pasir cepat berkisar 5- 10 NTU maka efisiensi penurunan kekeruhannya dapat mencapai 90-98% (Masduqi & Assomadi, 2012:171).

2. Filter Pasir Lambat (Slow Sand Filter)

Filter pasir lambat atau slow sand filter adalah filter yang mempunyai kecepatan filtrasi lambat yaitu sekitar 0,1 hingga 0,4 m/jam. Filter pasir lambat bekerja dengan cara pembentukan lapisan biofilm di beberapa milimeter bagian atas

lapisan pasir halus yang disebut lapisan hypogeal atau schmutzdeecke. Lapisan ini mengandung bakteri, fungi, protozoa, rotifera, dan larva serangga air. Schmutzdeecke adalah lapisan yang melakukan pemurnian efektif dalam pengolahan air. Selama air melewati schmutzdeecke, partikel akan terperangkap dan organik terlarut akan teradsorpsi, diserap, dan dicerna oleh bakteri, fungi, dan protozoa (Masduqi & Assomadi, 2012:176).

2.2.8 Desinfeksi

Salah satu persyaratan kualitas air minum adalah persyaratan mikrobiologis, yaitu air harus bebas dari mikroorganisme patogen. Desinfeksi merupakan proses membebaskan air minum dari mikroorganisme patogen. Metode desinfeksi secara umum ada dua, yaitu cara fisik dan cara kimiawi. Desinfeksi secara fisik adalah perlakuan fisik terhadap mikroorganisme, yaitu panas dan cahaya yang mengakibatkan matinya mikroorganisme. Sedangkan metode desinfeksi secara kimiawi adalah memberikan bahan kimia ke dalam air sehingga terjadi kontak antara bahan tersebut dengan mikroorganisme yang berakibat matinya mikroorganisme tersebut.

Desinfeksi secara kimia menggunakan larutan kaporit, gas klor dan gas ozon. Sedangkan desinfeksi secara fisik menggunakan gelombang mikro dan sinar ultraviolet. Untuk membunuh mikroorganisme bersifat patogen terkandung dalam air, desinfektan/bahan desinfeksi yang digunakan adalah kaporit, bromin klorida, gas klor, gas iod, ozon dan Kalium Permanganat. Kemampuan desinfeksi dalam pengolahan air minum adalah :

- Menghilangkan bau
- Mematikan alga
- Mengoksidasi nitrit menjadi nitrat
- Mengoksidasi ammonia menjadi senyawa amin
- Mengoksidasi fenol menjadi fenol yang tidak berbahaya

Macam – macam faktor yang mempengaruhi efisiensi desinfeksi adalah :

- Waktu kontak
- Konsentrasi desinfeksi
- Jumlah mikroorganisme

- Temperatur air
- pH
- Adanya senyawa lain dalam air

Berikut adalah berbagai macam desinfeksi dengan metode yang berbeda-beda.

1. Desinfeksi dengan Ozon

Ozon adalah zat pengoksidasi kuat sehingga dapat melakukan kerusakan bakteri antara 600 – 3000 lebih kuat dari klorin. Penggunaannya tidak dipengaruhi oleh pH air, sedangkan klorin sangat bergantung pada pH air. Mekanisme produksi ozon adalah eksitasi dan percepatan electron yang tidak beraturan dalam medan listrik tinggi. O₂ berarus bolak-balik melewati media arus listrik yang tinggi akan menghasilkan lompatan electron yang bergerak pada elektroda satu dan yang lain. Jika elektroda mencapai kecepatan cukup, maka akan menyebabkan molekul oksigen splitting ke bentuk atom oksigen radikal bebas. Atom-atom ini akan bergabung membentuk O₃ (ozon).

2. Desinfeksi dengan UV

Dapat terjadi dengan interaksi langsung menggunakan sinar UV dan tidak langsung menggunakan zat pengoksidasi. Biasanya sinar UV yang digunakan mampu mematikan semua mikroorganisme. Daerah yang berperan dalam efek germicidal adalah V-AC, dengan panjang gelombang 280-220 nm.

3. Desinfeksi dengan Pembubuhan Bahan Kimia

Metode ini menggunakan bahan kimia yang dicampurkan dalam air kemudian diberikan waktu yang cukup agar memberi kesempatan kepada zat untuk berkontak dengan bakteri. Desinfeksi air minum yang sering dilakukan yaitu dengan memanfaatkan klorin. Reaksi yang terjadi pada pembubuhan klorin yaitu : $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HOCl} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$ $\text{HOCl} \rightleftharpoons \text{OCl}^- + \text{H}^+$

4. Desinfeksi dengan Gas Klor

Metode ini bertujuan untuk mengoksidasi logam-logam, membunuh mikroorganisme seperti plankton dan juga membunuh spora dari lumut, jamur, dan alga. Konsentrasi yang diberikan adalah 2-3 gr/m³ air, tergantung pada turbiditas air (Aji, 2015). Klorin digunakan karena memiliki kecepatan oksidasi lebih besar dari aerasi, dan mampu mengoksidasi besi yang berikatan 36

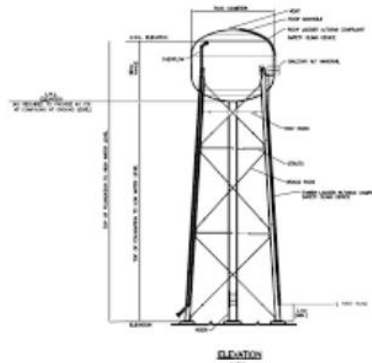
dengan zat organik. pH yang baik pada 8-8,3 oksidasi besi membutuhkan waktu 15-30 menit. Pada umumnya proses standar penurunan Fe dan Mn menggunakan koagulasi dengan alum, flokulasi, pengendapan, dan filtrasi dengan didahului proses preklorinasi. Dosis sisa klor yang dianjurkan 0,2- 0,5 mg/l (Fatimah, et al., 2007). Perlu dilakukan percobaan Daya Pengikat Chlor (DPC) untuk mengetahui dosis senyawa chlor (Cl_2) yang dibutuhkan oleh air untuk proses desinfeksi (membunuh bakteri). Daya Pengikat Chlor ditentukan cara selisih antara chlor yang dibubuhkan dengan sisa chlor setelah kontak setelah kontak selama 30 menit (Sawyer et al., 1978).

2.2.9 Reservoir

Reservoir pada Instalasi Pengolahan Air Minum mempunyai fungsi untuk menampung air hasil olahan IPAM sebelum didistribusikan ke konsumen. Bangunan ini selain digunakan untuk keperluan konsumen juga digunakan untuk keperluan instalasi. Maksud dari keperluan instalasi disini misalnya untuk proses backwash, pembersihan instalasi, pelarutan bahan kimia dll. Reservoir bisa berupa ground reservoir dan elevated reservoir. Jenis-jenis reservoir berdasarkan perletakkannya antara lain:

1. Elevated Reservoir (menara reservoir)

Menara reservoir dapat direncanakan dari kebutuhan air minum yang diperlukan untuk instalansi pengolahan air minum tersebut, dengan mengetahui jumlah dan pemakaian air untuk instalansi dapat direncanakan dimensi menara instalansi dan ketinggiannya. Reservoir ini digunakan bila head yang tersedia dengan menggunakan ground reservoir tidak mencukupi kebutuhan untuk distribusi. Dengan menggunakan elevated reservoir maka air dapat didistribusikan secara gravitasi. Tinggi menara tergantung kepada head yang dibutuhkan.

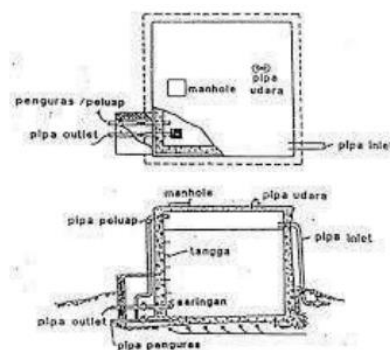


Gambar 2.18 Reservoir Menara

(Sumber : AED Design Requirements: Water Tanks & System Distribution, 2009. https://www.tad.usace.army.mil/Portals/53/docs/TAA/AEDDesignRequirements/AED%20Design%20Requirements%20-%20Water%20Tanks%20and%20System%20Distribution_Sep_09.pdf)

2. Ground Reservoir

Ground reservoir berfungsi sebagai penampung air bak filtrasi, sebelum masuk ke dalam ground reservoir, air tersebut harus diinjeksi dengan chlor yang sudah dilarutkan. Ground reservoir dilengkapi dengan baffle untuk mencampur dan mengaduk chlor dalam air. Ground reservoir dibangun di bawah tanah atau sejajar dengan permukaan tanah. Reservoir ini digunakan bila head yang dimiliki mencukupi untuk distribusi air minum. Jika kapasitas air yang didistribusikan tinggi, maka diperlukan ground reservoir lebih dari satu.



Gambar 2.19 Ground Reservoir

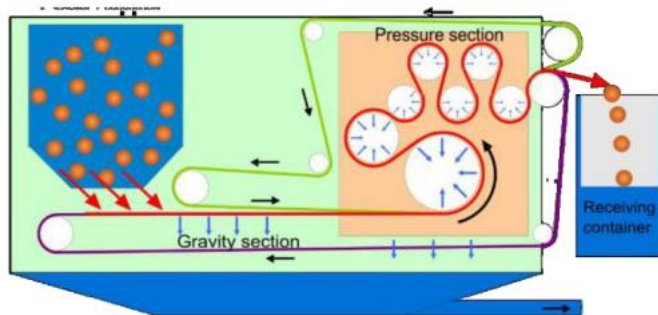
(Sumber: BPSDM PU, 2018)

2.2.10 Belt Filter Press

Sludge Drying. Sebagian besar dari jenis Belt-Filter Press, lumpur dikondisikan di bagian saluran gravitasi untuk dapat menebalkan lumpur. Pada bagian ini banyak air yang tersisihkan dari lumpur secara gravitasi. Dibeberapa unit, bagian ini diberikan dengan bantuan vacuum, yang menambah saluran dan membantu untuk mengurangi bau. Mengikuti saluran gravitasi, tekanan yang digunakan dalam bagian tekanan rendah, dimana lumpur diremas di antara pori kain sabuk. Di beberapa unit, bagian tekanan rendah diikuti bagian tekanan tinggi dimana lumpur mengalami pergeseran melewati penggulung. Peremasan dan penggeseran ini menginduksi dari penambahan air dari lumpur. Akhir pengeringan cake lumpur adalah penyisihan dari sabuk dengan Scrapper blade Sistem operasi jenis belt-filter press dari pompa penyedot lumpur, peralatan polimer, tangki lumpur (flokulator), belt-filter press, conveyor cake lumpur, dan sistem pendukung (compressor, pompa pencuci). Namun, ada beberapa unit yang tidak menggunakan tangki lumpur.

Banyak variabel yang mempengaruhi cara kerja dari belt-filter press, antara lain karakteristik lumpur, metode dan kondisi bahan kimia, tekanan, konfigurasi mesin (saluran gravitasi), porositas sabuk, kecepatan sabuk, dan lebar sabuk. Beltfilter press ini sensitif terhadap variasi karakteristik lumpur dan efisiensi mengurangi pengeringan lumpur. Fasilitas memadukan lumpur harus termasuk dalam desain sistem dimana karakteristik lumpur beraneka ragam. Namun, pada kenyataannya operasi yang mahal mengakibatkan beban padat yang lebih besar dan pengering cake ditingkatkan dengan meninggikan konsentrasi padatan lumpur.

Belt-Filter Press mempunyai ukuran lebar belt dari 0.5-3.5 m. Ukuran yang umum digunakan untuk lumpur perkotaan adalah 2 m. Beban lumpur dari 90 sampai 680 kg/m.h tergantung pada jenis lumpur dan konsentrasi lumpur yang masuk. Beban hidroulik pada lebar belt antara 1.6-6.3 L/m.s. Pertimbangan keamanan desain mencakup ventilasi untuk memindahkan Hidrogen Sulfida atau gas lainnya dan peralatan penjaga untuk mencegah hilangnya baju di antara rol.



Gambar 2.20 Belt Filter Press

(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Belt_filter)

2.2 Persen Removal

Berikut adalah persen removal pada setiap unit bangunan pengolahan air yang akan digunakan:

Tabel 2.6 Persen removal

Unit Pengolahan	Beban Pencemar	% Removal	Sumber
Aerasi	BOD	90%	Mirwan, A., Wijaya, U., Ananda, A.R., Wahidayanti, N. (2010). Penurunan BOD, COD, TDD, CO2 Air Sungai Martapura Menggunakan Tangk Aerasi Bertingkat. Jurnal Sains & Teknologi Kalimantan Scientiae 10 (76).

	Amonia	80-90%	Heard, T.R., Hoyle, B.G., Hieatt, M.J. (2002). Aerated For the Removal of Ammonia and Manganese in A Major New Water Treatment Works Under Construction in Hong Kong. Water Science and Technology : Water Supply 2(1) 47-56
Sedimentasi	TSS	60-80%	Huisman, L. (2004). Sedimentation and Flotation 2nd Edition page 12

2.3 Profil Hidrolis

Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan dan kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris. Kehilangan tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan.

a. Kehilangan Tekanan pada Bangunan Pengolahan Untuk membuat profil hidrolis perlu perhitungan kehilangan tekanan pada bangunan. Kehilangan Tekanan akan mempengaruhi ketinggian muka air di dalam bangunan pengolahan. Kehilangan tekanan pada bangunan pengolahan ada beberapa macam, yaitu:

1. Kehilangan tekanan pada bak.

2. Kehilangan tekanan pada bak penangkap
 3. Kehilangan tekanan pada pintu air.
 4. Kehilangan tekanan pada weir, sekat dan lain-lain harus dihitung secara khusus.
- b. Kehilangan Tekanan pada Perpipaan dan Aksesoris Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris ada beberapa macam, yaitu:
1. Kehilangan tekanan pada perpipaan dan aksesoris.
 2. Kehilangan tekanan pada perpipaan.
 3. Kehilangan tekanan pada aksesoris.
 4. Kehilangan tekanan pada pompa.